

# Tecnologia dos diodos orgânicos emissores de luz: uma visão físico-ambiental

Willians Lopes Almeida<sup>1</sup>, Vinícius Batista Campos<sup>2</sup> e Raimundo de Moura Rolim Neto<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Graduação em Física pela Universidade Federal do Amapá. Especialização em Metodologia do Ensino de Matemática e Física pela Faculdade Internacional de Curitiba. Atualmente é professor efetivo do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá (IFAP) - Campus Laranjal do Jari. E-mail: willians.almeida@ifap.edu.br

<sup>2</sup> Doutorado em Engenharia Agrícola – UFCG. Instituto Federal do Amapá, Campus Laranjal do Jari. E-mail: vinicius.campos@ifap.edu.br

<sup>3</sup> Especialização em Avaliação de Impactos Ambientais – FAMA. Instituto Federal do Amapá, Campus Laranjal do Jari. E-mail: raimundo.neto@ifap.edu.br

**RESUMO:** Este trabalho apresenta uma reflexão sobre a tecnologia dos diodos orgânicos emissores de luz com aplicação no setor de iluminação sob a perspectiva da redução no consumo de energia elétrica. Para tanto, faz-se necessário uma revisão na literatura a cerca da história do desenvolvimento da tecnologia enfatizando, logo em seguida, seu conceito, configuração do dispositivo, processo de fabricação, princípio de funcionamento e algumas aplicações. Também são apresentados alguns problemas ambientais voltados para questão energética, sendo estes a motivação para que possamos pensar em tecnologias que visem o uso sustentável dos recursos “provenientes” do meio ambiente. Assim, ao final, são apresentadas as considerações acerca do que a tecnologia dos diodos orgânicos emissores de luz podem vir a contribuir para redução dos problemas ambientais relacionados ao setor energético.

**Palavras-chave:** Sustentabilidade. OLEDs. Recursos Naturais.

**ABSTRACT: Technology of diodes organic light emitting: a vision and physical environment.** This paper presents a reflection on the technology of organic emitting diodes with application in the lighting industry from the perspective of reduced consumption of electricity. Therefore, it is necessary to review the literature about the history of technology development emphasizing shortly thereafter, its concept, device configuration, manufacturing process, working principle and some applications. Some environmental problems facing the energy issue, these are the motivation for us to think of technologies aimed at sustainable use of resources "from" the environment are also presented. So, in the end, we present the considerations about the technology of emitting organic light-emitting diode could contribute to reducing environmental problems related to energy sector.

**Keywords:** Sustainability. OLEDs. Natural Resources.

## 1 Introdução

Atualmente polímeros isolantes (ou

plásticos) são largamente usados como substituintes para materiais tradicionais como madeira ou metal, devido a sua

alta resistência, baixo peso, facilidade de modificação química e processabilidade a baixas temperaturas.

Desde a década de 1950, o estudo de materiais semicondutores orgânicos de moléculas pequenas (SMOLEDs), no estado cristalino, indicou propriedades semicondutoras como as dos materiais inorgânicos. No início dos anos 1960, houve trabalhos de fotocondutividade com cristais orgânicos e de dispositivos eletroluminescentes baseados em cristais de antraceno. Na década de 1970, fotocondutores orgânicos substituíram o selênio e o silício amorfo utilizados em dispositivos eletrofotográficos, devido à variedade de materiais, economia, flexibilidade e segurança ambiental.

“Displays” baseados em Diodos Orgânicos Emissores de Luz (OLEDs) exibem características distintas que os diferenciam de outros tipos de displays. Entre estes atributos estão: o alto brilho, alto contraste, baixo consumo de energia e largo ângulo de visão. Combinado com os atributos acima, o seu tempo de resposta (aproximadamente 1.000 vezes mais rápido que os displays de cristal líquido - LCD) fornece uma tecnologia de displays diferente de qualquer outra já conhecida. Uma das principais vantagens em se utilizar Diodos Eletroluminescentes (LEDs) de polímeros ou de pequenas moléculas orgânicas em displays, é que cada pixel pode ser ligado ou desligado independentemente para criar múltiplas cores com fluidez e suavidade de imagem. O resultado disto pode ser observado como um ângulo de visão de aproximadamente 180 graus fornecendo uma imagem clara e distinta. A espessura

das múltiplas camadas, menores que o comprimento de onda da luz verde, torna a imagem mais fina e mais brilhante que as outras tecnologias de fabricação de LEDs permitem.

Tendo em vista o avanço tecnológico ao longo dos tempos e essa relação com a vertente ambiental, objetivou-se com esse trabalho, apresentar uma discussão fundamentada sobre a importância dos OLEDs para a humanidade e para o meio ambiente.

## 2 Diodos orgânicos emissores de luz

### 2.1 Histórico

A eletroluminescência (EL) é o fenômeno da emissão de luz através da passagem de corrente elétrica pelo material. As primeiras observações acerca deste fenômeno, em semicondutores orgânicos, foram relatadas em 1963 pelo pesquisador Pope e sua equipe, quando submeteram a uma tensão de 400V um cristal de antraceno (ALMEIDA; FORTUNA, 2010). Esta observação pode ser caracterizada como o embrião da tecnologia OLED. Porém, a tensão elétrica alta daquele experimento o tornava insatisfatório então, um ano após a realização deste, outros dois pesquisadores, Helfrich e Schneider, resolveram este problema conseguindo emissão de luz, sob a tensão de 100V, utilizando uma solução de íons negativos do cristal de antraceno, mas ainda com baixa eficiência (PEREIRA, 2010). Esse aperfeiçoamento proposto por Helfrich e Schneider no experimento de Pope e sua equipe já proporcionava, à época, um avanço nas pesquisas envolvendo eletroluminescência em

semicondutores orgânicos, pois esta diminuição do valor da tensão chamou muita atenção de outros pesquisadores.

Apesar dos avanços nas pesquisas, a propriedade básica dos dispositivos orgânicos (emissão de luz) e o meio ambiente ainda eram o maior vilão no amadurecimento das mesmas. Ocorre que por se tratarem de materiais orgânicos a emissão de luz e a exposição ao meio ambiente provocam uma degradação no material. Assim, as pesquisas em EL com materiais inorgânicos trilhavam um caminho paralelo com as de materiais orgânicos. A partir da primeira, constituíram-se os chamados LEDs que são diodos eletroluminescentes baseados em semicondutores inorgânicos. Na segunda, os dispositivos foram chamados de OLEDs (Dispositivos Orgânicos Emissores de Luz) que são os diodos feitos de semicondutores orgânicos. Com isso, as pesquisas sobre o tema se iniciaram na tentativa de aprimorar a tecnologia dos OLEDs.

Ao final da década de 1980, dois pesquisadores da empresa Kodak, Tang e Van Slyke, construíram um OLED operando sob tensão menor que 10V, cuja arquitetura se dava da seguinte maneira: um ânodo feito de ITO (Óxido de Índio dopado com Estanho) cuja função era injetar buracos no dispositivo; uma camada de uma molécula aromática chamada Diamina usada para transportar os buracos; uma camada de um material orgânico com propriedade de emitir luz, o Alq<sub>3</sub> e ainda uma liga metálica composta por Mg:Ag para servir de cátodo metálico na função de injetar elétrons no dispositivo (PEREIRA, 2010). Esta é uma arquitetura típica de um OLED do tipo bicamada em

que entre o ânodo e o cátodo encontram-se o material orgânico emissor de luz e uma camada transportadora de buracos (ver figura 1). Continuando a tratar do desenvolvimento da tecnologia dos diodos emissores de luz, em 1990, Friend et al. (1990) apud Pereira (2010), em Cambridge, anunciaram a construção de um OLED mais eficiente baseado num polímero conjugado, o poli-p-fenileno vinileno (PPV), que ficou conhecido como diodo emissor de luz de polímeros conjugados (PLED) (ALMEIDA; FORTUNA, 2010). Desde então, a tecnologia dos diodos eletroluminescentes, vem se desenvolvendo e adquirindo um importante papel dentro da sociedade no que diz respeito às tecnologias de ponta.

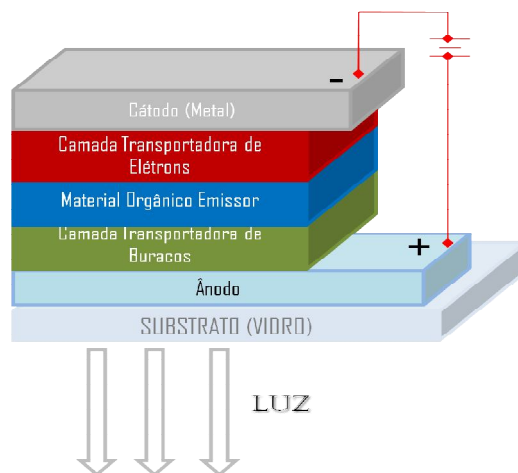


Figura 1 Arquitetura do OLED proposto pelo grupo da Kodak.

## 2.2 Conceito e classificação

O termo OLED é a contração da sigla em inglês *Organic light Emitting Diode*. Este termo refere-se a um dispositivo, também chamado de diodo, baseado em material orgânico semicondutor que, quando submetido a um campo elétrico intenso ou não, tem a proprie-

dade de emitir luz própria (ALMEIDA; FORTUNA, 2010).

Quanto à classificação, os OLEDs podem ser destacados em dois segmentos: aqueles baseados em polímeros conjugados<sup>1</sup> (PLEDs) e os que são constituídos de pequenas moléculas (SMOLEDs) (ALMEIDA; FORTUNA, 2010).

### 2.3 Fabricação, arquitetura e princípio de funcionamento

Sobre a fabricação, um Dispositivo Orgânico Emissor de Luz é constituído a partir da sobreposição de camadas orgânicas, com aproximadamente 100 nm de espessura cada, comprimidas entre um cátodo e um ânodo de modo que o dispositivo se pareça a um “sanduíche” (PEREIRA, 2010). Este é um arranjo simples e típico de um OLED bicamada, como já mencionado anteriormente e mostrado na figura 1.

Os dispositivos podem ser dispostos em diversas maneiras, pois sua arquitetura pode variar desde o número de camadas até na forma como são depositadas umas nas outras. Nesse sentido, podem ter OLEDs com camadas para injeção de buracos<sup>2</sup> (CIB), transporte de buracos (CTB), emissão de luz (CEL), injeção de elétrons (CIE) e transporte de elétrons (CTE). Com base na quantidade de camadas orgânicas, podemos

chamar os diodos de: monocamadas, bicamadas, tricamadas ou multicamadas.

Sobre o funcionamento, este pode ser explicado com auxílio da figura 2, em que se trata de um dispositivo do tipo monocamada, ou seja, há apenas o material eletroluminescente “sanduíchado” entre os terminais do cátodo e do ânodo. A escolha desta configuração se deu por sua simplicidade e praticidade no entendimento do processo de emissão de luz no mesmo.

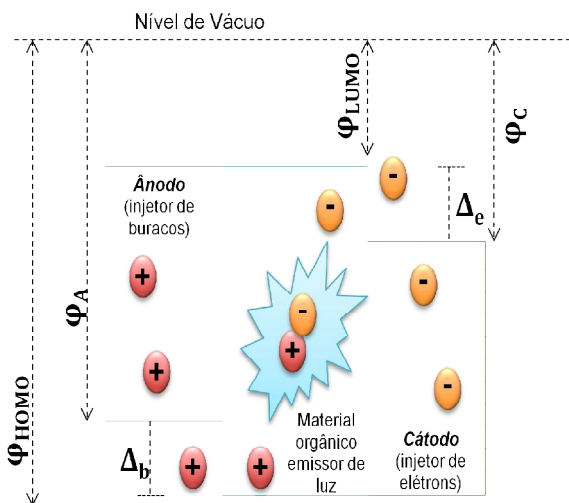


Figura 2 Esquema simplificado do princípio de funcionamento de um OLED tipo monocamada.

No esquema da figura 2 temos a partir do nível de vácuo,  $\Phi_A$  e  $\Phi_C$  que representam, respectivamente, a função trabalho do ânodo e do cátodo;  $\Phi_{HOMO}$  é a energia do orbital molecular de maior e menor energia ocupado e  $\Phi_{LUMO}$  é a energia do orbital molecular de menor energia desocupado, ambos do material orgânico emissor de luz. Os orbitais HOMO e LUMO podem ser entendidos como uma equivalente as bandas de valência e condução, respectivamente, nos semicondutores inorgâ-

<sup>1</sup> Polímeros conjugados são, na verdade, polímeros que após sofrerem um processo de dopagem por oxidação passam a serem condutores. O primeiro polímero conjugado descoberto foi por meio do poliacetileno, o qual por meio do processo de oxidação obteve um aumento da ordem de 10 vezes em sua condutividade. Tal descoberta rendeu o Nobel de Química em 2000 para Shirakawa et al (ROCHA FILHO, 2000).

<sup>2</sup> Buracos: são portadores de cargas positivas

nicos. Os termos  $\Delta_b$  e  $\Delta_e$  são as barreiras de potencial para injeção de buracos e elétrons no material, respectivamente.

Quando acionado o campo elétrico, as cargas são injetadas no material orgânico pelo cátodo e ânodo em que, respectivamente, injetam elétrons e buracos. A entrada das cargas neste material dependerá das barreiras  $\Delta_b$  e  $\Delta_e$ . A barreira  $\Delta_b$  corresponde à diferença de energia entre a função trabalho do ânodo ( $\Phi_A$ ) e da energia HOMO ( $\Phi_{HOMO}$ ) do material. Já,  $\Delta_e$  é a diferença de energia entre a função trabalho do cátodo ( $\Phi_C$ ) e da energia do LUMO ( $\Phi_{LUMO}$ ) da camada luminescente (PEREIRA, 2010).

Superadas as barreiras de potencial, as cargas encontram-se, já no material orgânico, numa região conhecida como de zona de recombinação, chamada assim devido ao encontro das duas partículas dando origem a uma quase-partícula denominada *éxciton*. Os éxcitons formados decaem radiativamente emitindo luz através do material luminescente. A cor emitida pelo material dependerá de sua diferença de energia entre o HOMO e o LUMO (isso equivale ao *gap* ou banda proibida em semicondutores inorgânicos) (ALEMEIDA; FORTUNA, 2010).

Os dispositivos monocamadas são menos eficientes na emissão de luz, se comparados aos de multicamadas, devido a recombinação das cargas acontecerem de forma aleatória e muito próximas dos contatos do cátodo e do ânodo (ALMEIDA; FORTUNA, 2010). Nesse sentido, verifica-se que quanto maior for o número de camadas orgânicas no dispositivo, mais eficiente ele se torna.

Para os diodos multicamadas o princípio de funcionamento é o mesmo. Decorre que os portadores de carga vão saltando de um orbital a outro das camadas orgânicas, sejam elas injetoras ou transportadoras conforme comentado anteriormente, até chegarem ao material responsável pela luminescência do dispositivo.

## 2.4 Algumas aplicações da tecnologia dos diodos eletroluminescentes feitos de materiais orgânicos

A maior parte das aplicações dos Dispositivos Orgânicos Emissores de Luz encontram-se em mostradores (displays) de celulares, TV, monitores, etc. Diversas empresas, como Kodak, Sony e LG investem nessas aplicações (NOWACKI, 2011). É fácil entender o constante investimento nesse segmento da tecnologia. Basta olhar para trás e ver, por exemplo, a evolução que monitores de computador e TVs tiveram ao longo dos últimos anos com os CRTs, passando por telas planas, LCDs até os de semicondutores inorgânicos - LEDs. E os avanços não param por aí, pois os OLEDs vieram para tomar o lugar no mercado desses mostradores.

Nowacki (2011) comenta que até 2016 os investimentos na tecnologia OLED em displays passarão de 1,5 bilhão a 7,0 bilhões. Tal previsão foi feita pela empresa *Display Search*. Assim, percebe-se o quão promissora esta tecnologia é, já que se instala cada vez mais rápido na indústria de bens e consumo.

Além das largas aplicações em displays, os diodos orgânicos apresentam-se em potencial investimento na área de



iluminação tanto comercial quanto residencial devido ao seu brilho intenso e baixo consumo de energia elétrica o que representa também um ganho nas questões ambientais, pois dispomos de mais iluminação com pouca demanda energética. Esta aplicação é o foco deste trabalho a ser discutido mais adiante.



Figura 1 TV com aplicação da tecnologia OLED com espessura de 3 mm fabricada pela Sony. Fonte: <http://www.sony.pt/article/oled>



Figura 2 À esquerda uma imagem extraída de um monitor OLED e à direita imagem extraída de um monitor LCD. Fonte: <http://www.oled-display.net/oled-tv-television>



Figura 3 Protótipo de uma lâmpada da Philips constituída a partir de OLEDs. Fonte: <http://dedosnoteclado.maragao.com.br/2008/09/lampadas-oled-da-philips>



Figura 4 Telefone celular da Samsung com display de OLED. Fonte: <http://www.oled-info.com/samsung-oled>

## 2.5 Vantagens e desvantagens da tecnologia OLED em relação aos diodos inorgânicos

Em relação aos semicondutores inorgânicos, que até então se mantêm em alto consumo no mercado, os OLEDs destacam-se por possuírem luz própria, ou seja, não necessitam de *black light*, sem contar com o brilho mais intenso, bastante flexibilidade (já que podem ser construídos sobre superfícies irregulares), menor consumo de energia elétrica, designer inovador (sendo que são feitos em estruturas superfinais), alta resolução e ainda apre-

<http://periodicos.unifap.br/index.php/estacao>  
Macapá, v.3 n. 1, p. 55-64, jan.-jun. 2013

sentam ângulo de visão de quase 180°.

A ação do meio ambiente ainda é o fator que tornam os dispositivos feitos de materiais orgânicos em desvantagem com relação aos constituídos de materiais inorgânicos. Deste modo, o segundo possui um tempo de vida útil maior que o primeiro. Porém, diversos pesquisadores investigam soluções alternativas para este problema com vistas à ascensão da tecnologia no mercado mundial.

### **3 A temática ambiental sob a óptica dos OLEDs: uma questão de redução no consumo de energia**

#### **3.1 Evolução da preocupação com as questões ambientais**

A questão ambiental começou a ser discutida em ordem mundial a partir da Conferência do Meio Ambiente Humano, realizado em Estocolmo na Suécia e 1972. O acontecimento de tal conferência foi resultado da ocorrência de inúmeros eventos que culminaram em severos impactos sócio-ambientais, dentre eles, o ocorrido na Baía de Minamata, no Japão na década de 1950, onde a comunidade local foi contaminada por mercúrio orgânico, decorrente a emissão dos efluentes não tratados de uma indústria produtora de acetaldeído, que é usado na produção de plásticos (LACERDA; SALOMONS, 1998).

O principal resultado desta conferência foi a apresentação da Declaração sobre o Ambiente Humano ou Declaração de Estocolmo que expressa a convicção de que “tanto as gerações presentes como as futuras, tenham reconhecidas como direito fundamental, a vida num ambiente sadio e não degra-

dado” (GADOTTI, 2004 apud SANTOS, 2007, p. 16). Ainda como resultado da Conferência de Estocolmo, neste mesmo ano a ONU criou um órgão denominado Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente – PNUMA. Outras conferências ocorreram ao longo do tempo, como em Belgrado, Iugoslávia, em 1975 e Tbilisi (ex-URSS) em 1977.

Com a realização desses eventos, a humanidade percebeu que era necessário haver a mudança de paradigmas. Acabar com o atual modelo de crescimento, que prioriza principalmente o lucro, por um modelo que busca equilibrar o desenvolvimento econômico com a preservação ambiental. Mas, foi a partir do Relatório Brundtland<sup>3</sup> que se formatou a proposta para a mudança do modelo de crescimento itinerante por outro que provocasse menos impactos sócio-ambientais. Destaca-se ainda a conferência realizada no Rio de Janeiro em 1992, intitulada Eco-92 onde surge o conceito de Desenvolvimento Sustentável tendo como base a justiça social, o desenvolvimento econômico com a preservação da qualidade ambiental.

#### **3.2 Alguns problemas ambientais relacionados à questão energética**

No Brasil, diversas políticas ambientais preconizam reflexões acerca da problemática ambiental e estabelecem normas para uma melhor interação homem-natureza, como por exemplo, a

<sup>3</sup> Também chamado Nosso Futuro Comum (*Our Common Future*) é o documento final da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, promovida pela ONU, nos anos 80 e chefiada pela então primeira-ministra da Noruega, Gro Harlem Brundtland.

Lei 6.938/1981 que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente. Resalta-se, que no *caput* do art. 2º, inciso VI, da referida lei destaca-se um princípio que incentiva o “estudo e pesquisas em tecnologias que se orientam para o uso racional e também para a proteção dos recursos ambientais”, bem como o inciso V do art. 9º dos Instrumentos, o qual destaca que se devam ter “incentivos à produção e instalação de equipamentos e a criação ou absorção de tecnologia, voltados para a melhoria da qualidade ambiental”. Tais citações jurídicas respaldam a necessidade de se canalizarem mais recursos em prol do desenvolvimento de pesquisas referente ao aprimoramento de novas tecnologias, como por exemplo, os OLEDs.

Em qualquer processo produtivo há inevitavelmente a geração dos subprodutos, como os resíduos sólidos, as emissões atmosféricas e os efluentes líquidos. Para melhorar o desempenho ambiental dos produtos, faz-se necessário conhecer todas as entradas e saídas dos processos produtivos, identificando as matérias-primas, os insumos, os subprodutos e o produto final gerado, a fim de identificar as possíveis melhorias que podem ser incluídas no sistema visando minimizar o dano ambiental, bem como valorar o produto final por meio da análise de seu ciclo de vida.

Pode-se dizer que um dos fatores em que os problemas ambientais estão relacionados à questão energética é o alto crescimento populacional, ocasionando, então, a necessidade de se aumentar a oferta por parte do setor energético e, conseqüentemente, a mobilização para construção de novas usinas hidrelétricas o que provoca a inutilização de áreas

extensas, onde muitas vezes os processos de implantação acarretam incalculáveis impactos sociais, haja vista que há em grande parte dos empreendimentos hidroelétricos a mobilização de comunidades populacionais, de tribos indígenas, comunidades tradicionais, etc., além da perda da biodiversidade e do patrimônio genético.

### 3.3 A tecnologia dos diodos orgânicos eletroluminescentes no setor energético

A eficiência energética, segundo o Ministério de Meio Ambiente (MMA), “consiste da relação entre a quantidade de energia empregada em uma atividade e aquela disponibilizada para sua realização”. Para tanto, percebe-se que este conceito está associado ao que se refere em consumo total efetivo de energia elétrica por parte de uma determinada localidade ou região (MMA, 2010). Este conceito faz-se necessário neste trabalho, pois objetivamos relacionar os fundamentos da tecnologia OLED com a questão da redução no consumo energético que a mesma pode vir a trazer, pois tal tecnologia se manifesta com forte potencial para o setor de iluminação tanto comercial, quanto pública.

O mundo utiliza 15 bilhões de BTU (unidade térmica britânica) de energia elétrica a cada segundo. À medida que mais países galgam a escada econômica, mais energia se faz necessária (PANORAMA ENERGÉTICO 2030, 2011). Nesse ritmo precisamos repensar sobre a nossa necessidade energética e os impactos ambientais que dela vem a surgir.

Sob a perspectiva de redução no



consumo de energia elétrica, afim de que se tenha maior preservação dos recursos naturais, os diodos orgânicos emissores de luz apresentam-se como forte candidato para tal investida, uma vez que já se mostram em vantagens com relação às lâmpadas comercializadas hoje. De acordo com o site Tech Radar<sup>4</sup> o emprego da tecnologia OLED pode reduzir o consumo energético em até 60% em relação às outras fontes de iluminação existentes no mercado.

Na Universidade de Tecnologia de Dresden, Alemanha, um grupo de pesquisadores conseguiram desenvolver OLEDs com eficiência energética de 90 lm/W (Lúmens/Watt)<sup>5</sup>. Um resultado satisfatório se comparado com a eficiência das melhores lâmpadas fluorescentes que vão de 50 a 70 lm/W. Esta relação fica ainda mais interessante quando levamos em conta uma lâmpada do tipo incandescente tradicional cuja eficiência chega não mais do que 15 lm/W. Ressalta-se que os diodos orgânicos eletroluminescentes possuem tais características submetidos a tensões baixas, ou seja, obtemos alta eficiência e luminescência necessitando de menor tensão que as outras lâmpadas presentes no mercado, caracterizando uma redução significativa no consumo de energia elétrica.

<sup>4</sup> Disponível em: <<http://www.techradar.com/news/world-of-tech/oled-wallpaper-to-spell-the-end-for-light-bulbs--660827>>. Acesso em: 10 de agosto de 2012.

<sup>5</sup> Disponível em: <[http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=leds-organicos-superam-eficiencia-das-lampadas-fluorescentes&id=010115090526#.U9r\\_4HouMfw](http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=leds-organicos-superam-eficiencia-das-lampadas-fluorescentes&id=010115090526#.U9r_4HouMfw)>. Acesso em: 10 de agosto de 2012.

## 4 Considerações finais

Podemos pensar nas aplicações dos diodos orgânicos eletroluminescentes no setor de iluminação como um viés de uma política ambiental mais sustentável, pois percebemos que tal aplicação sugere um ganho na eficiência energética se valendo de pouca demanda do setor, além de contarmos com a redução na emissão de CO<sub>2</sub>. Assim, esperamos que as pesquisas com OLEDs para o segmento energético se intensifiquem de modo a nos permitir no futuro um ganho para as questões ambientais advindas do setor.

## Referências

- ALMEIDA, W. L. de; FORTUNA, T. B. **Estudo teórico de diodos orgânicos emissores de luz (OLEDs) constituídos de pequenas moléculas (SMOLEDs)**. 2010. 57p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Licenciatura Plena em Física) – Departamento de Física, Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2010.
- BRASIL. **Lei nº 6938**, de 31 de Agosto de 1981. Dispõe sobre Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providencias. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm)> Acessado em 10 de agosto de 2011.
- ROCHA FILHO, C. R. Nobel 2000 Polímeros condutores: descoberta e aplicações. **Química Nova na Escola**. São Paulo. v. 12, n. 11, p. 03, Maio 2000.
- LACERDA, L.D.; SALOMONS, W. **Mercury from gold and silver min-**

**ing:** a chemical time bomb? Berlin: Springer-Verlag, 1998.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE.

**Eficiência energética e conservação de energia.** 2010. Disponível em: <

www.mma.gov.br/clima/energia/eficiencia-energetica> Acessado em

NOWACKI, B. F. **Síntese, caracterização e propriedades fotofísicas de copolímeros contendo unidades de fluoreno, fenileno e tileno.** 2011. 136p. Dissertação (Mestrado em Engenharia: área de concentração Engenharia e Ciência de Materiais) – Programa de Pós – Graduação em Engenharia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

PANORAMA ENERGÉTICO 2030. Disponível em: <[http://www.esso.com/Brazil-Portuguese/PA/Files/Panorama\\_Energetico2030.pdf](http://www.esso.com/Brazil-Portuguese/PA/Files/Panorama_Energetico2030.pdf)>. Acessado em 10 de agosto de 2011.

PEREIRA, A. **Desenvolvimento de dispositivos orgânicos emissores de luz.** 2010. 103p. Dissertação (Mestrado em Física) – Programa de Pós – Graduação em Física, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

SANTOS, C. P. **A educação ambiental – um estudo de caso no município de Vitória da Conquista – BA.** 2007. 115p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente) – Programa de Pós – Graduação em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente, Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, 2007.

Artigo recebido em 12 de março de 2013.

Aceito em 11 de agosto de 2014.